

DAFTAR ISI

Bab I DEFINISI DAN FUNGSI BIOMEKANIKA OLAHRAGA

A. Definisi	1
B. Fungsi	1
C. Evaluasi	4
D. Daftar Pustaka.....	6

Bab 2 MASSA, BERAT, DAN INERSIA

A. Berat.....	7
B. Massa.....	7
C. Hubungan antara Massa dan Berat	8
D. Inersia	8
E. Hubungan antara Massa dan Inersia	9
F. Evaluasi	11
G. Daftar Pustaka	11

Bab 3 SPEED, AKSELERASI, DAN VELOCITY

A. Definisi	12
B. Pengaruh Gravitasi pada Penampilan Atlet	13
C. Percepatan Gravitasi	13
D. Evaluasi	14
E. Daftar Pustaka	16

Bab 4 TITIK BERAT, BALANS, DAN STABILITAS

A. Mencari Letak Titik Berat	17
B. Memindahkan Letak Titik Berat	17
C. Balans dan Stabilitas	18
D. Evaluasi	19
E. Daftar Pustaka	21

Bab 5 GAYA (FORCE)

A. Definisi	22
B. Gerak	22
C. Gerak Proyektil	23
D. Inersia, Gaya Sentrifugal, Gaya sentripetal	24
E. Evaluasi	28
F. Daftar Pustaka	28

Bab 6 MOMENTUM

A. Momentum Linier	29
--------------------------	----

B. Momentum Anguler	29
C. Hukum Kekekalan Momentum Anguler	30
D. Impuls	31
E. Usaha	32
F. Daya	33
G. Energi	33
H. Evaluasi	33
I. Daftar Pustaka	35
 Bab 7 TUAS (LEVER)	
A. Jenis-jenis Tuas	36
B. Tuas dalam Tubuh Manusia	37

Bab 1 Definisi dan Fungsi Ilmu Biomekanika Olahraga

A. Definisi

Perlunya pengetahuan mekanika gerak dalam memahami teknik cabang olahraga dan seluruh gerak manusia (*human movement*) sudah tidak disangsikan lagi. ***Biomekanika Olahraga adalah ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip mekanika terhadap struktur tubuh manusia pada saat melakukan aktivitas olahraga.***

Guru pendidikan jasmani, pelatih, dan atlet akan menghadapi kesulitan jika tidak memiliki pengetahuan mekanika gerak yang mendasari teknik cabang olahraga yang diajarkan. Mereka akan mempunyai kerugian ketika dihadapkan pada pemilihan teknik terbaik yang harus digunakan, keputusan bagaimana memodifikasi teknik tertentu yang memudahkan untuk karakteristik pribadi atlet, mengamati kesalahan dan mengidentifikasi penyebabnya, serta cara-cara tertentu untuk membetulkan kesalahan tersebut.

Ilmu mekanika gerak seringkali dijelaskan dengan menggunakan beberapa cabang pengetahuan matematika. Tetapi hal ini sering menimbulkan kesulitan bagi mereka yang kurang memahami matematika. Para pengajar mekanika gerak telah berusaha keras untuk mengatasi kesulitan ini dengan menyederhanakan rumus-rumus matematika dengan menyajikan konsep-konsep dasar dalam istilah-istilah non-matematika. Oleh karena itu, dalam pembahasan buku ini untuk memudahkan pembaca memahami mekanika gerak manusia, maka tidak digunakan rumus-rumus atau penghitungan matematika. Buku ini diperuntukkan bagi para pelatih, guru penjas, atlet, dan penggemar olahraga secara sederhana – tidak ada istilah-istilah matematika dan menyajikan contoh-contoh yang menarik tentang persoalan gerak. Tulisan dalam buku ini mudah untuk dibaca dan memudahkan pembaca untuk memahami mekanika gerak.

B. Fungsi

Mekanika gerak (*Biomekanika Olahraga*) telah banyak ditulis untuk para guru penjas, pelatih, dan atlet. Ilmu ini menjelaskan bagaimana pengetahuan mekanika cabang olahraga membantu untuk menciptakan penampilan (*performance*) yang lebih baik. Bagi para pelatih, ilmu ini akan membantunya menjadi seorang pelatih yang lebih baik. Bagi para atlet akan menemukan bahwa informasi pengetahuan ini membantu memperbaiki penampilannya. Bahkan bagi seorang penggemar olahraga, dengan memahami ilmu ini akan mengubahnya menjadi seorang pengamat yang kritis.

Para ilmuwan yang berkecimpung dalam bidang mekanika mempelajari pengaruh dari gaya-gaya (*force*) (seperti gravitasi, gesekan, dan tahanan udara) pada benda hidup dan benda mati. Pengetahuan ini digunakan untuk membantu mendesain benda-benda yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti gedung-gedung, jembatan, kendaraan, dan pesawat terbang. Selain itu pula, para ahli mengukur pengaruh dari gaya-gaya tersebut yang bekerja pada manusia dan sebaliknya, pengaruh gaya yang disebabkan oleh manusia.

Nampaknya jelas bagi kita bahwa gaya gravitasi, gesekan, dan tahanan udara tidak menyebabkan adanya pengaruh yang berbeda selama aktivitas olahraga dan kehidupan sehari-hari. Seorang pelompat tinggi harus melawan gaya gravitasi, seseorang yang sedang menaiki tangga atau sebuah pesawat terbang yang sedang lepas landas (*take off*). Begitu pula, gaya tahanan udara (*air resistance*) dan gaya gesek (*friction*) menghambat para pembalap mobil dan pembalap sepeda yang sedang bertanding. Hal ini menunjukkan bahwa prinsip-prinsip mekanika yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari berlaku juga pada situasi olahraga.

Dalam olahraga, prinsip-prinsip mekanika tidak lain dari pada aturan-aturan dasar yang mengatur aksi atlet. Contohnya, jika pelatih dan atlet memahami karakteristik gaya gravitasi, maka mereka harus mengetahui apa yang harus dilakukan untuk melawan pengaruh gaya ini, dan sebaliknya, aksi-aksi apa saja yang harus ditampilkan untuk memanfaatkan gaya gravitasi ini. Seorang peloncat indah yang menyadari bahwa gaya gravitasi bekerja tegak lurus terhadap permukaan bumi, akan mengetahui lintasan bagaimana yang memudahkan teknik loncatan optimalnya. Demikian juga, para pegulat akan mempelajari bahwa gaya gravitasi adalah temannya ketika lawannya telah berada pada posisi yang tidak seimbang (*off balance*). Sebaliknya, jika pegulat tidak bisa mempertahankan stabilitasnya, maka gaya gravitasi akan memutarinya ke samping dan menjadi sahabat lawannya.

Terdapat lebih banyak lagi gaya-gaya di permukaan bumi ini selain gravitasi, tahanan udara, dan gesekan. Gaya-gaya tersebut beraksi dengan cara-cara yang berbeda, dan jika atlet terlibat dalam olahraga yang mengandung unsur kontak tubuh, maka pelatih harus mempertimbangkan gaya-gaya yang diciptakan oleh lawannya. Jika anda seorang pelatih dan anda memahami bagaimana seluruh gaya-gaya tersebut saling berkaitan, maka anda akan lebih mampu untuk menganalisis teknik atlet dan memperbaiki penampilannya. Jika anda seorang atlet yang memahami pengetahuan mekanika gerak, maka akan mengetahui mengapa lebih baik mengerahkan kekuatan otot pada situasi tertentu dan mengapa gerakan dalam teknik lebih baik ditampilkan dengan cara tertentu dan bukan dengan cara yang lainnya.

Dalam olahraga, hukum-hukum mekanika tidak diterapkan pada atlet saja. Prinsip-prinsip mekanika juga digunakan untuk memperbaiki efisiensi peralatan olahraga. Sepatu yang digunakan untuk atletik, ski, dan peralatan keselamatan seluruhnya dibuat dengan menggunakan pengetahuan tentang gaya-gaya eksternal (*external force*) yang ada di muka bumi dan kekuatan otot yang diciptakan atlet.

Ketika membandingkan penampilan dua orang atlet, kita seringkali menyatakan bahwa salah satu atlet mempunyai *bentuk gerakan* yang lebih baik, atau lebih tepatnya mempunyai *teknik yang lebih baik*. Apa yang dimaksud dengan teknik? *Teknik merupakan pola dan rangkaian gerak yang digunakan atlet untuk menampilkan keterampilan cabang*

olahraga, seperti pass bawah dalam bola voli, bantingan panggul dalam judo, atau handspring dalam senam.

Keterampilan cabang olahraga bervariasi dalam jumlah dan tipenya. Dalam beberapa cabang olahraga (seperti lempar cakram dan lembing) hanya terdapat satu keterampilan yang harus ditampilkan. Pelempar harus memberikan putaran dan melemparkan cakram. Tetapi dalam permainan tenis, pemain harus melakukan forehand, backhand, voli dan servis. Tiap keterampilan, apakah dalam servis tenis atau lempar cakram, mempunyai tujuan khusus yang ditentukan oleh aturan cabang olahraga itu sendiri. Pemain tenis ingin menempatkan bolanya melewati atas net dan jatuh di daerah servis dengan cara tertentu sehingga lawan tidak bisa mengembalikannya. Pelempar cakram harus melemparkan cakrahnya sejauh mungkin, dan memastikan cakrahnya jatuh di daerah yang sah. Kedua atlet berusaha menggunakan teknik yang baik, sehingga tujuan tiap keterampilan dapat tercapai dengan tingkat efisiensi dan keberhasilan tertinggi.

Seorang atlet dapat menampilkan suatu keterampilan dengan teknik yang baik atau kurang baik. Teknik yang kurang baik berarti tidak efektif dan gagal dalam menciptakan hasil terbaik. Penampilan teknik ini bisa kita amati di tempat-tempat latihan golf (driving range), dan bersamaan dengan teknik yang kurang baik adalah hasil yang tidak memuaskan. Kalau kita bandingkan para pegolf biasa dengan para pegolf profesional yang berbeda dalam tinggi, kekuatan, dan berat badan, tetapi teknik dasar yang digunakan oleh seluruh pegolf adalah sama. Dari backswing sampai follow-through terlihat aplikasi gaya yang begitu tepat dan gerakannya yang begitu indah. Efisiensi gerakan ini menunjukkan bahwa para pegolf profesional menggunakan teknik yang sangat baik, aksinya begitu sangat efektif !

Di luar perbedaan tersebut, para atlet dunia dari berbagai cabang olahraga menggunakan teknik superior yang didasarkan pada penggunaan prinsip-prinsip mekanika gerak yang mengontrol gerak manusia. Tetapi sangatlah penting untuk dipahami bahwa teknik yang ditampilkan para atlet dunia tidak terjadi secara kebetulan ! Sangat tidak mungkin bagi seorang atlet bisa memperoleh status atlet dunia tanpa bantuan seorang pelatih yang mengetahui ilmu mekanika gerak. Pada masa sekarang ini para atlet dunia memperoleh bantuan dari para pelatih yang berilmupengetahuan, dan kalau disertai dengan bakat dan disiplin atlet, maka akan membantu menciptakan penampilan terbaik.

Apa yang harus diketahui agar pengajaran teknik yang baik bisa dilakukan? Kita ambil contoh, apa yang diperlukan ketika kita mengajar pemula memukul bola golf. Ketika keterampilan ini diperkenalkan, alangkah baiknya pelatih dapat mendemonstrasikan pukulan dengan teknik yang baik. Kemudian menjelaskan tiap fase gerakan yang harus dilakukan. Tetapi hanya "menjelaskan dan mendemonstrasikan" saja belumlah cukup! Sangatlah penting bagi pelatih untuk mengetahui mengapa gerak memukul tersebut harus dilakukan dengan cara tertentu dan bukan dengan cara lainnya, dan harus memahami apa yang dapat diperoleh dari sikap siap (*stance*), perpindahan berat badan (*weight shift*), putaran panggul (*hip rotation*), dan meluruskan kedua lengan (*extension of the arms*) ketika

terjadi impact dengan bola golf. Guru pendidikan jasmani yang sedang mengajar bola voli perlu memiliki pengetahuan mekanika gerak tentang voli. Dalam bola voli sangatlah penting mengetahui alasan-alasan mekanika mengapa dengan gerakan tertentu seorang pemain bisa melompat ke atas untuk melakukan spike dan mengapa dengan gerakan lainnya tidak bisa. Begitu pula ketika melakukan servis atas, mengapa bola harus dipukul dengan memberikan putaran (spin) pada bolanya sehingga bola bisa memasuki lapangan permainan.

Masih banyak para pelatih dan atlet yang menggunakan metode lama (tradisional) selama proses latihannya, yaitu metode yang memperlihatkan kurangnya pemahaman prinsip-prinsip mekanika gerak. Beberapa pelatih merasa bangga menggunakan metode *trial and error*. Kadang-kadang diperoleh hasil yang baik, tetapi ternyata lebih sering memperoleh kegagalan ! Beberapa pelatih mengajarkan teknik kepada atletnya berdasarkan juara dunia, tanpa memperhatikan perbedaan-perbedaan pada fisik, latihan, dan kematangan. Begitu pula, banyak para atlet muda usia yang meniru setiap gerakan yang ditampilkan atlet dunia. Alangkah lebih baik, jika mereka dapat membedakan antara gerakan yang benar secara mekanika dengan gerakan yang salah. Dengan memiliki latar belakang pengetahuan mekanika gerak, maka guru pendidikan jasmani dan para pelatih akan mampu menganalisis penampilan dan mengajarkan pola-pola gerak yang menciptakan teknik efisien, terhindar dari cedera, serta penampilan atlet bisa meningkat !

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Ilmu yang mempelajari gerak manusia pada saat melakukan aktivitas olahraga dengan menerapkan prinsip-prinsip mekanika adalah
 - a. Biomekanika Olahraga
 - b. Motor Learning
 - c. Fisiologi Olahraga
 - d. Psikologi Olahraga
2. Ilmu Biomekanika harus dipelajari oleh para pelatih dan guru pendidikan jasmani, karena
 - a. Bisa meningkatkan prestasi atlet
 - b. Penting bagi seorang pelatih
 - c. Memberikan gambaran yang jelas tentang teknik yang ditampilkan
 - d. Pemahaman ilmu ini dapat meningkatkan pengetahuan pelatih tentang bagaimana

meningkatkan efisiensi gerak.

3. Contoh persoalan biomekanika olahraga di bawah ini, kecuali . . .

- a. Bagaimanakah cara meningkatkan kecepatan servis tenis
- b. Mengapa petinju harus menggunakan sarung tinju
- c. Bagaimanakah cara memilih raket bulutangkis yang baik
- d. Bagaimanakah cara meningkatkan VO2 max atlet

4. Bidang ilmu yang erat kaitannya dengan biomekanika olahraga, kecuali . . .

- a. Matematika
- b. Fisiologi
- c. Anatomi
- d. Statistika

5. Salah satu ciri yang menonjol dari penampilan atlet dunia adalah . . .

- a. Gerakannya tidak banyak mengerahkan kekuatan
- b. Gerakannya sulit untuk ditiru atlet lain
- c. Gerakannya mudah untuk ditiru atlet lain
- d. Gerakan yang ditampilkan banyak mengerahkan kekuatan

6. Dalam cabang olahraga yang menggunakan alat pemukul (mis: raket), hal yang paling penting adalah . . .

- a. Memaksimalkan kecepatan alat saat impact
- b. Alat itu harus cukup ringan
- c. Alat itu harus cukup berat
- d. Desainnya harus bagus

7. Salah satu ciri metode pelatihan tradisional adalah . . .

- a. Menggunakan alat modern
- b. Tidak menerapkan prinsip-prinsip mekanika
- c. Tidak trial and error
- d. Tidak berdasarkan pengalaman

8. Beberapa cabang olahraga berikut ini yang telah menggunakan aplikasi prinsip mekanika terhadap desain peralatan, kecuali . . .

- a. Golf
- b. Tenis
- c. Hoki
- d. Badminton

9. Pola rangkaian gerak yang digunakan atlet untuk menampilkan keterampilan disebut . . .

- a. Teknik
- b. Taktik
- c. Akurasi
- d. Strategi

10. Di bawah ini adalah fungsi Ilmu Biomekanika, kecuali . . .

- a. Meningkatkan efisiensi gerakan
- b. Menurunkan resiko cedera
- c. Meningkatkan penampilan
- d. Meningkatkan prestasi

DAFTAR PUSTAKA

Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics

Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.

Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.

Bab 2 Massa, Berat, dan Inersia

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa konsep-konsep mekanika dasar. Pembahasan meliputi pengaruh gaya gravitasi. Meskipun gaya ini dapat membantu seorang atlet, tetapi dalam beberapa cabang olahraga (seperti nomor lompat dan lempar), gravitasi merupakan lawan yang paling berat dihadapi atlet. Sehingga kita perlu mengetahui beberapa karakteristik dari gaya ini. Selain itu pula, pada bagian ini akan dibahas bagaimana **kaitan antara massa (*mass*) dan berat (*weight*)**, dan apa yang dimaksud dengan inersia (*inertia*). Kita akan mengetahui bahwa seorang atlet yang mempunyai massa tubuhnya besar juga mempunyai inersia yang besar. Seperti gaya gravitasi, inersia dapat membantu dalam berbagai keterampilan cabang olahraga, tetapi dalam keterampilan lainnya akan menyebabkan hambatan bagi atlet.

A. Berat

Dalam istilah mekanika, **istilah *berat* tubuh menunjukkan besarnya tarikan gaya gravitasi pada tubuh, dan sebaliknya tarikan tubuh terhadap permukaan bumi.** Pada timbangan menunjukkan seberapa besar tarikan diantara keduanya. Bumi menarik tubuh ke bawah, dan begitu pula, tubuh menarik bumi ke atas. **Besarnya gaya tarik antara tubuh dan permukaan bumi tergantung pada seberapa besar massa yang dimiliki oleh tubuh dan bumi.** Semakin besar gaya tariknya, maka skala timbangan akan menunjukkan angka yang besar (karena pegas tertekan). Sehingga, atlet yang mempunyai massa tubuh yang besar akan mampu menekan per / pegas lebih kuat dari pada atlet yang mempunyai massa tubuh lebih ringan. Akibatnya, jarum timbangan akan bergerak lebih jauh menunjuk pada angka timbangan yang lebih besar.

B. Massa

Apa sebenarnya yang dimaksud dengan massa tubuh, atau lebih tepatnya dengan istilah *massa*? **Massa berarti substansi atau materi.** Jika suatu benda mempunyai substansi dan mengisi ruang yang ditempatinya, maka benda tersebut mempunyai massa. Apa yang lebih penting, jika benda memiliki massa, maka benda dapat menarik benda lainnya yang sama-sama memiliki massa. **Tubuh atlet tersusun dari otot-otot, tulang-tulang, lemak, jaringan, dan cairan, semuanya merupakan substansi atau materi dan memiliki massa.** Jadi atlet mempunyai massa, menarik bumi, dan bumi mempunyai massa juga, menarik tubuh atlet.

Seorang pegulat kelas berat mempunyai massa yang lebih besar dari pada seorang pesenam yang massanya lebih kecil. Gaya tarik menarik antara bumi dan pegulat akan lebih besar dari pada gaya tarik menarik antara bumi dengan pesenam. Hal ini akan terlihat pada timbangan. Jarum timbangan akan menunjuk pada angka 220 pound (lb) untuk pegulat, dan 80 lb untuk pesenam (1 kg = 2,2 lb). Dalam metric system (satuan ukuran yang digunakan di

Indonesia dan beberapa negara lainnya), berat pegulat adalah 100 kg, dan berat pesenam 36,2 kg.

C. Hubungan antara Berat dan Massa

Gaya gravitasi bumi menyebar dari intinya seperti riakan yang disebabkan oleh lemparan batu pada kolam air. Semakin dekat posisi kita ke inti bumi, maka akan semakin besar gaya tariknya. Karena bentuk bumi tidak bulat sempurna, maka seorang atlet akan lebih jauh dari inti bumi bila berdiri di equator dari pada berdiri di kutub utara atau selatan. Akibatnya, seorang atlet atau alat seperti lembing, akan sedikit lebih ringan di equator dari pada di daerah kutub. Jika seorang atlet memanjat puncak gunung di equator, berada lebih jauh dari inti bumi, maka beratnya akan semakin berkurang.

Seorang atlet yang beratnya 200 lb di kutub, akan mempunyai berat sebesar 198,94 lb pada ketinggian laut di equator, dan berat 200 lb pada ketinggian laut akan berubah menjadi 199,77 lb pada ketinggian 12.000 ft. Adanya sedikit perubahan tersebut, menunjukkan bahwa berat tubuh atlet merupakan fungsi dari variasi dalam tarikan gravitasi bumi terhadap massa tubuh atlet. Massa tubuh atlet dapat tetap konstan, namun berat tubuhnya dapat berubah-ubah, tergantung pada di bagian mana atlet berada di permukaan bumi. Prinsip yang sama juga berlaku untuk beratnya besi tolak peluru, lembing, atau peralatan lain yang digunakan dalam berbagai cabang olahraga.

Pastikan untuk memahami hubungan antara berat dan massa. Meskipun berat dan massa berbeda, perbedaan ini tidak begitu penting dalam olahraga, karena kebanyakan keterampilan cabang olahraga terjadi atau dilakukan mendekati permukaan bumi. Dengan kondisi ini, berat dan massa mengalami proporsi yang sama (yaitu, seorang atlet yang mempunyai ukuran berat yang lebih besar dari atlet lain, juga memiliki ukuran massa yang lebih besar).

D. Inersia

Istilah inersia (*inertia*) berarti **tahanan yang menghambat atau mengubah gerak (*resistance to action*) suatu benda**. Kita menggunakan kata inersia dalam kehidupan sehari-hari untuk menggolongkan orang-orang yang lamban dalam memulai gerakan. Jadi dalam kehidupan sehari-hari, terdapat kaitan antara inersia dengan kemalasan.

Dalam istilah mekanika, inersia berarti tidak hanya sekedar kemalasan, karena inersia menggambarkan kecenderungan suatu benda untuk terus melakukan apa saja yang sedang dilakukannya – bahkan ketika benda itu sedang bergerak. Seluruh benda (apakah atlet atau peralatan seperti bat, bola, atau club golf) mempunyai kecenderungan untuk tetap diam, tidak bergerak (*motionless*). Tetapi, jika ada sebuah gaya (kekuatan) yang cukup besar untuk mengubah gerak dalam arah tertentu, maka benda tersebut akan terus bergerak pada arah yang sama dengan kecepatan konstan.

E.Kaitan antara Massa dan Inersia

Ketika mulai bergerak, sebuah benda yang mempunyai massa yang besar akan mempunyai keinginan yang kuat untuk tetap bergerak. Tentu saja ada gaya (kekuatan) lain yang berpengaruh, sehingga di muka bumi kecepatan konstan jarang terjadi dalam waktu yang cukup lama. Tahanan udara (*air resistance*), tarikan gravitasi, gesekan (*friction*), dan gaya-gaya yang diciptakan lawan bertanding, adalah merupakan contoh-contoh tahanan yang menghambat dan mengganggu atlet atau benda yang sedang bergerak.

Semakin besar massa dan berat tubuh atlet, maka semakin besar tahanan yang menghambat gerakannya. Sehingga seorang atlet yang beratnya 150 kg harus mengerahkan kekuatan otot yang lebih besar agar tubuhnya bisa bergerak dengan cepat. Setelah bergerak dalam arah tertentu, maka atlet harus mengerahkan kekuatan ototnya dalam jumlah besar untuk menghentikan atau mengubah arah geraknya. Hal ini berarti bahwa atlet yang massa tubuhnya kecil, mempunyai inersia yang kecil dan hanya sedikit mengerahkan kekuatan ototnya agar bisa bergerak. Inersia dianggap lawan ketika seorang atlet akan bergerak, karena inersia yang dimiliki tubuhnya akan menghambat akselerasi. Ketika bergerak, inersia dapat menjadi sahabat atlet, karena inersia cenderung akan tetap mempertahankan atlet untuk tetap terus bergerak. Dua karakteristik inersia, yaitu "menghambat dan mempertahankan" gerak, tidak hanya terjadi dalam gerak linier, yaitu ketika benda dan atlet bergerak dalam garis lurus. Sifat menghambat dan mempertahankan gerak ini juga terjadi dalam gerak rotasi dimana benda seperti bat dan golf club ketika diayunkan, begitu pula ketika atlet loncat indah dan senam melakukan salto di udara.

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Istilah mekanika yang mempunyai arti yang sama dengan berat adalah . . .

- a. Massa
- b. Inersia
- c. Gravitasi
- d. Impuls

2. Besarnya gaya gravitasi yang bekerja pada tubuh disebut . . .

- a. Massa
- b. Berat
- c. Titik berat
- d. Center of mass

3. Sedangkan substansi atau materi yang mengisi suatu benda disebut . . .

- a. Massa
- b. Berat
- c. Titik berat
- d. Center of mass

4. Tahanan yang selalu menghambat benda atau atlet untuk bergerak atau terus bergerak disebut . . .

- a. Inersia
- b. Massa
- c. Berat
- d. Gaya

5. Sebuah benda akan diam atau bergerak lurus beraturan, adalah bunyi . . .

- a. Hk Newton I
- b. Hk Newton II
- c. Hk Newton III
- d. Hk Newton IV

6. Inersia yang dimiliki atlet atau benda berbanding lurus dengan . . .

- a. Massa
- b. Berat
- c. Gaya
- d. Gravitasi

7. Atlet yang massa tubuhnya besar maka inersianya . . .

- a. Besar
- b. Kecil
- c. Sama
- d. Berbanding terbalik

8. Sedangkan atlet yang massa tubuhnya kecil maka inersianya
- a. Besar
 - b. Kecil
 - c. Sama
 - d. Berbanding terbalik
9. Agar pesenam dapat melakukan gerakan salto di udara, maka inersianya harus . . .
- a. Besar
 - b. Kecil
 - c. Sama
 - d. Berbanding terbalik
10. Satuan pengukuran untuk inersia adalah . . .
- a. Kg
 - b. m
 - c. detik
 - d. tidak ada

DAFTAR PUSTAKA

- Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics
- Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.
- Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.
- Winter, D.A. (1979). *Biomechanics of Human Movement*. New York. John Wiley & Sons.

Bab 3 Speed, Percepatan (Acceleration), dan Velocity

Ketika memperbincangkan dua orang atlet bungee jumpers (pelompat dari ketinggian tertentu dengan tubuhnya diikat tali), maka kita membahas percepatannya ketika mereka jatuh ke tanah. Sebenarnya telah kita pahami bahwa istilah speed dan akselerasi berbeda, selanjutnya kita akan mencoba memahami istilah *velocity* – yaitu istilah yang selanjutnya sering dijelaskan dalam buku ini.

Jika seorang pelari sprint berlari 100 m dalam waktu 10 detik, kita ketahui bahwa pelari berlari pada jarak tertentu (100 m) dengan waktu tertentu (10 det). Dari informasi ini, maka kecepatan (speed) rata-rata pelari adalah 35 km / jam atau 22,36 mph (mil /jam = 10,9 yd / sec). 22,36 mph adalah kecepatan tak lain adalah nilai kecepatan rata-rata yang diciptakan pelari dalam jarak 100 m. Angka ini bukan merupakan kecepatan terbesar atlet (top speed), dan juga tidak menunjukkan akselerasi pelari. Seorang pelari yang mempunyai rata-rata 22,36 mph dengan jarak 100 m berlari lebih cepat dan lebih lambat dari 22,36 mph selama jarak-jarak tertentu dalam perlombaan. Mengapa ? Karena segera setelah start, atlet mempercepat larinya dan pada jarak tertentu berlari lebih lambat dari 22,36 mph. Pelari kemudian harus mempercepat larinya pada jarak tertentu mendekati rata-rata 22,36 mph dari jarak lari keseluruhan.

Percepatan beraturan (*uniform acceleration*) dan deselerasi beraturan (*uniform deceleration*) tidak begitu sering terjadi dalam olahraga. Ketika atlet (dan benda seperti bola dan lembing) sedang bergerak, berbagai gaya seperti gesekan dan tahanan udara telah mempengaruhi gerakannya, dan gaya-gaya ini menyebabkan perubahan percepatan (atau deselerasi) (tidak beraturan). Sekalipun demikian, salah satu contoh terbaik tentang percepatan dan deselerasi beraturan ini terjadi selama melayang dalam waktu yang singkat seperti pada loncat indah dan senam. Dalam situasi ini, tahanan udara diabaikan. Gaya gravitasi memperlambat (deselerasi) gerak atlet secara beraturan ketika melayang naik ke udara dengan kecepatan 32 ft / sec untuk setiap detik (yaitu 32 ft / sec²) dan mempercepatnya secara beraturan 32 ft / sec² pada saat turun ke bawah (dalam sistem metrik 32 ft / sec² = 9,8 m / det²). Seringkali deselerasi disebut percepatan negatif, dan akselerasi disebut percepatan positif. Tanda negatif di depan angka (yaitu - 32 ft / sec²) menunjukkan bahwa peloncat indah melakukan deselerasi sebesar 32 ft/sec untuk tiap detik ketika melayang naik ke udara.

Bagaimanakah istilah *velocity* cocok untuk menggambarkan speed, akselerasi, dan deselerasi ? *Velocity tidak lain adalah deskripsi speed yang lebih tepat. Velocity berarti menggambarkan speed dan arah (direction).* Contoh : 20 mph secara sederhana menunjukkan speed; 20 mph arah selatan menunjukkan velocity. Speed menggambarkan seberapa cepat. Velocity menggambarkan seberapa cepat dan arahnya.

A. Bagaimanakah Gravitasi mempengaruhi Penampilan Atlet

Seperti kita ketahui bahwa tarikan gravitasi bumi bervariasi. Bagaimana pengaruhnya perbedaan ini terhadap penampilan atlet? Atlet mengalami sedikit perubahan gaya ini ketika di Olimpiade Mexico City tahun 1968 yang terletak di dataran lebih tinggi dan lebih dekat ke equator dari pada Olimpiade 1952 di Helsinki atau Olimpiade 1980 di Moscow, kedua tempat ini lokasinya berada di ketinggian laut. Penurunan sedikit tarikan gravitasi dalam lapisan udara yang tipis seperti yang terjadi di dataran yang lebih tinggi, sangat berpengaruh terhadap atlet yang bertanding di Mexico City. Dalam lapisan udara yang tipis, lebih sedikit oksigen yang tersedia dari pada yang terletak pada ketinggian laut. Kondisi ini berarti bahwa atlet harus bernafas lebih sering untuk mengambil oksigen yang diperlukan. Situasi ini akan sangat berpengaruh bagi pelari jarak jauh. Ketika Bob Beamon memecahkan rekor lompat jauh di Mexico City, keuntungan telah diperoleh dari adanya penurunan gaya gravitasi, tahanan udara yang menurun akibat lapisan udara yang tipis (terutama ketika melakukan lari awalan), dan kenyataannya adalah bahwa larinya adalah sprint dan bukan jarak jauh.

Setelah bertahun-tahun, rekor ini berhasil dipecahkan oleh Mike Powell tahun 1991 dalam kejuaraan atletik dunia di Tokyo, yang letaknya lebih rendah dari Mexico City. Peristiwa lainnya terjadi di Italia tahun 1995, ketika pelompat Kuba Ivan Pedroso memecahkan rekor dengan hanya berbeda beberapa centimeter lebih jauh dari Mike Powell.

B. Percepatan Gravitasi

Ketika pelompat galah jatuh dari ketinggian mistar galah, maka gravitasi mempercepat atlet jatuh ke bawah. Jika atlet mampu melewati atas mistar 20 ft dari lompatan asal 15 ft, maka jarak tambahan ini akan memberikan banyak waktu bagi bumi untuk mempercepat atlet jatuh ke bawah. Jatuh dari ketinggian 20 ft (sekitar 6,1 m) akan meningkatkan kecepatan yang lebih besar ketika atlet mengenai matras, bila dibandingkan dengan ketinggian 15 ft.

Percepatan pelompat galah ke arah bumi, sama seperti yang dialami oleh peloncat indah ketika jatuh ke air. Karena tarikan gravitasi bumi, maka peloncat indah terus bergerak cepat selama jatuh ke air. Percepatan sangat tinggi yang disebabkan tarikan gravitasi menyebabkan olahraga loncat indah menjadi cabang olahraga yang berbahaya. Ketinggian papan loncat 10 m dari permukaan air. Peloncat memerlukan waktu sekitar 1,75 detik untuk sampai ke permukaan air dengan kecepatan mendekati 38 mph. Air akan terasa sangat keras ketika peloncat menyentuhnya dengan kecepatan sebesar itu!

Apakah percepatan beraturan dari peloncat indah sama juga dialami oleh penerjun yang terjun dari ketinggian beribu-ribu ft ? Tidak, karena dalam terjun bebas penerjun jatuh melayang lebih lama di udara dari pada peloncat indah. Tahanan udara dalam lapisan atmosfer yang lebih padat dan dekat ke permukaan bumi meningkat sampai batas tertentu dimana penerjun terjun dengan kecepatan konstan sekitar 150 mph. Kecepatan terjun bebas yang melebihi 600 mph telah tercatat pada ketinggian yang ekstrim dimana lapisan atmosfer begitu tipis dan tahanan udara yang menghambat percepatan sedikit.

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Jarak merupakan besaran . . .

- a. Skalar
- b. Vektor
- c. Skalar dan vektor
- d. Tidak ada yang benar

2. Perpindahan merupakan besaran . . .

- a. Skalar
- b. Vektor
- c. Skalar dan vektor
- d. Tidak ada yang benar

3. Hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh disebut . . .

- a. Speed
- b. Velocity
- c. Impuls
- d. Momentum

4. Hasil pembagian perpindahan dengan waktu disebut . . .

- a. Speed
- b. Velocity
- c. Impuls

d. Momentum

5. Dalam sistem metrik, satuan kecepatan adalah . . .

a. m/det

b. m/jam

c. Newton

d. Mil

6. Perubahan kecepatan dalam selang waktu tertentu disebut . . .

a. Percepatan

b. Kecepatan

c. Speed

d. Semuanya benar

7. Dalam sistem metrik satuan percepatan adalah . . .

a. m/det^2

b. m/det

c. Newton

d. Mil

8. Gaya yang selalu menyebabkan atlet jatuh ke bawah adalah . . .

a. Gaya gravitasi

b. Gaya gesek

c. Gaya internal

d. Gaya eksternal

9. Besarnya gaya gravitasi di permukaan bumi adalah . . .

a. Sama

b. Berbeda

c. Besar

d. Kecil

10. Arah gaya gravitasi adalah . . .

- a. Bawah
- b. Atas
- c. Bawah dan atas
- d. Tergantung lokasi

DAFTAR PUSTAKA

Adrian, M.J. (1995). *Biomechanics of Human Movement*. New York. WCB / McGraw-Hill.

Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics

Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.

Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.

Bab 4 Titik Berat Badan (Center of Gravity), Keseimbangan dan Stabilitas

Gaya tarik bumi merupakan salah satu gaya tahanan yang paling besar yang harus diatasi oleh atlet. Untuk lompat ke udara setinggi mungkin, mempertahankan stabilitas dan keseimbangan, melempar benda sangat jauh, seluruhnya memerlukan pemahaman bagaimana gaya-gaya itu bekerja.

Gaya tarik bumi akan menarik atlet pada titik berat tubuh atlet. Dalam posisi apa saja, berdiri ataupun sedang bergerak, maka gaya gravitasi selalu terpusat pada titik berat atlet. Tubuh atlet berbeda dengan besi tolak peluru (titik beratnya tepat di tengah-tengah besi), karena tubuh tidak terbuat dari bahan yang sama, dan juga massanya tidak terdistribusikan merata dari kepala sampai ujung kaki. Tetapi tubuh atlet tersusun dari bentuk-bentuk dan substansi yang berbeda seperti tulang, otot, lemak, jaringan, yang seluruhnya tidak sama densitasnya. Tulang dan otot lebih padat dari lemak, sehingga lebih besar massanya dan mengisi setiap ruangan yang ditempatinya. Bumi akan menarik lebih kuat bagian-bagian tubuh atlet yang lebih berat. Ini berarti bahwa letak titik berat atlet tidak selalu sama dari berbagai permukaan tubuh atlet, seperti pada besi peluru. Jika seorang atlet mempunyai massa lebih besar di bagian togok dan tubuh bagian atas dari pada bagian tungkainya, maka letak titik berat atlet akan lebih terpusat ke arah tubuh bagian atas. Jika bagian tungkainya lebih berat, maka sebaliknya. Meskipun letak titik berat atlet tidak sama jaraknya dari bagian-bagian tubuhnya, tetapi massa tubuhnya akan seimbang di sekitar titik beratnya.

A. Mencari lokasi Titik Berat Badan

Dimanakah sebenarnya letak titik berat tubuh atlet ? Untuk kebanyakan atlet laki-laki dewasa yang berdiri dengan kedua lengan di samping, maka titik beratnya terletak sekitar ketinggian sabuk atau sekitar 1 inch di atas pusar. Untuk atlet wanita, titik beratnya terletak sedikit lebih bawah. Alasannya, karena laki-laki lebih berat di sekitar bahu dan lebih ringan di sekitar panggul, sedangkan wanita sebaliknya.

B. Memindahkan Titik berat Badan

Letak titik berat atlet jarang tetap pada tempat yang sama selama beberapa waktu. Bahkan ketika sedang tidur, posisi tubuh sedikit berubah, maka akan mengubah distribusi massa pada tubuh. Akibatnya, akan terjadi perubahan letak titik berat badannya.

Jika atlet berdiri tegak dan kemudian menggerakkan tungkainya ke arah depan satu langkah, maka titik beratnya berpindah ke arah yang sama. Jika menggerakkan tungkai dan lengannya, maka titik beratnya berpindah ke depan bahkan lebih jauh karena lebih banyak massa yang dipindahkannya.

Jarak berpindahnya titik berat tergantung pada seberapa besar dan jauh massa tubuh dipindahkan. Tungkai cukup berat dan memiliki massa yang besar, sehingga

menyebabkan pemindahan titik berat yang lebih besar dari pada ketika memindahkan salah satu lengan saja. Meletakkan kedua tangan di pinggang memindahkan titik berat badan sama dengan memiringkan kepala. Pemindahan titik berat badan selalu berkaitan dengan jumlah massa yang dipindahkan dan jarak yang ditempuhnya.

C. Keseimbangan dan Stabilitas (Balance dan Stability)

Keseimbangan dan stabilitas merupakan dua istilah yang hampir sama tetapi mempunyai arti yang berlainan. Keseimbangan berkaitan dengan koordinasi dan kontrol. Seorang atlet yang mempunyai keseimbangan yang baik, dapat mempertahankan keadaan equilibriumnya dan menetralkan gaya-gaya yang akan mengganggu penampilannya.

Seorang atlet harus mempertahankan keseimbangannya dalam keterampilan yang dinamis (seperti keseimbangan pada palang sejajar). Lawan yang dihadapi atlet ketika mencoba mempertahankan keseimbangannya adalah gaya eksternal. Gravitasi, gesekan, tahanan udara, atau gaya yang diberikan lawan untuk mengganggu penampilannya.

Stabilitas berkaitan dengan seberapa besar tahanan yang diciptakan atlet untuk melawan gangguan lawan terhadap keseimbangannya. Semakin stabil atlet, maka semakin besar tahanan yang diciptakannya untuk mengatasi gaya yang menggangukannya. Cabang olahraga yang sangat memerlukan tingkat stabilitas yang tinggi termasuk gulat, dan judo.

Faktor-faktor yang menentukan Stabilitas

Kondisi-kondisi yang memberikan stabilitas minimal bagi pesenam dan stabilitas maksimal bagi pegulat merupakan petunjuk prinsip-prinsip mekanika yang menentukan stabilitas. Prinsip-prinsip ini penting karena terjadi dalam setiap keterampilan cabang olahraga. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. *Atlet dapat meningkatkan stabilitasnya bila ukuran bidang tumpuannya diperluas.* Semakin luas bidang tumpuan atlet, maka semakin besar stabilitasnya
2. *Atlet dapat meningkatkan stabilitasnya, bila garis gravitasinya jatuh di dalam bidang tumpuannya.* Atlet dapat mempertahankan stabilitasnya selama garis vertikalnya melalui titik berat atlet dan jatuh di dalam bidang tumpuannya.
3. *Atlet dapat meningkatkan stabilitasnya bila titik berat badannya direndahkan.* Seorang atlet yang menaikkan letak titik berat badannya akan kurang stabil bila dibandingkan dengan atlet yang mempunyai letak titik berat badannya lebih rendah di atas bidang tumpuannya.
4. *Atlet dapat meningkatkan stabilitasnya bila bidang tumpuannya diperluas searah dengan datangnya gaya.* Jenis bidang tumpuan apa saja yang digunakan, stabilitas dapat ditingkatkan jika bidang tumpuan atlet diperlebar searah dengan datangnya gaya.

5. *Atlet dapat meningkatkan stabilitasnya bila garis gravitasinya dipindahkan ke arah datangnya gaya.* Melebarkan bidang tumpuan dan memindahkan letak titik berat badan ke arah datangnya gaya, merupakan contoh untuk prinsip ini.

6. *Stabilitas berbanding lurus dengan massa tubuh.* Atlet yang berat badannya 100 kg akan lebih stabil bila dibandingkan dengan atlet yang mempunyai berat badan 50 kg.

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Titik yang mewakili seluruh massa tubuh disebut . . .

- a. Titik berat
- b. Gaya
- c. Titik massa
- d. Center of buoyancy

2. Istilah yang sama dengan titik berat badan adalah . . .

- a. Center of gravity
- b. Center of buoyancy
- c. Center seeking
- d. Center fleeing

3. Letak titik berat badan laki-laki . . .

- a. Lebih tinggi dari wanita
- b. Lebih rendah dari wanita
- c. Sama
- d. Tidak ada yang benar

4. Letak titik berat badan wanita . . .

- a. Lebih tinggi dari wanita

- b. Lebih rendah dari wanita
 - c. Sama
 - d. Tidak ada yang benar
5. istilah balance sama dengan . . .
- a. Keseimbangan
 - b. Stabilitas
 - c. Equilibrium
 - d. Semua benar
6. Berkaitan dengan persoalan koordinasi dan kontrol adalah . . .
- a. Keseimbangan
 - b. Stabilitas
 - c. Equilibrium
 - d. Semua benar
7. Kemampuan atlet untuk bertahan terhadap gangguan yang mengganggu keseimbangannya . . .
- a. Keseimbangan
 - b. Stabilitas
 - c. Equilibrium
 - d. Semua benar
8. Stabilitas berbanding lurus dengan . . .
- a. Jarak vertikal titik berat dari bidang tumpuan
 - b. Massa
 - c. Jarak horisontal titik berat
 - d. Semua benar
9. Stabilitas berbanding terbalik dengan . . .
- a. Jarak vertikal titik berat dari bidang tumpuan

- b. Massa
 - c. Jarak horisontal titik berat
 - d. Semua benar
10. Cabang olahraga yang memerlukan tingkat stabilitas yang tinggi adalah . . .
- a. Judo
 - b. Bulutangkis
 - c. Tenis
 - d. Squash

DAFTAR PUSTAKA

- Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics
- Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.
- Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.

Bab 5 Gaya (force)

Kapan saja atlet menampilkan suatu keterampilan, maka atlet menciptakan gaya internal (*internal force*) dalam tubuhnya dengan mengkontraksikan otot-ototnya. Otot-otot menarik melalui tendon dan tendon menarik tulang. Gaya-gaya yang diciptakan atlet ditujukan untuk melawan gaya eksternal (*external force*) yang diciptakan gravitasi, gaya reaksi dari tanah, gesekan, tahanan udara, dan dalam berbagai cabang olahraga, kekuatan dorongan yang diciptakan pemain lawan.

Apa sebenarnya yang dimaksud dengan gaya? Kita sebenarnya tidak bisa melihat gaya, tetapi kita bisa melihat dan merasakan efeknya. Sebuah gaya merupakan dorongan atau tarikan yang mengubah atau cenderung untuk mengubah keadaan gerak suatu benda atau atlet.

Dalam olahraga weight-lifting, kita contohkan dua lifter yang sedang mengerahkan kekuatan ototnya untuk mengangkat sebuah barbel dengan arah vertikal. Kombinasi kedua gaya menunjukkan jumlah dan diangkat pada arah tertentu. Ketika *arah* dan *jumlah* gaya yang diterapkan diketahui, maka kombinasi keduanya disebut *vektor gaya*. Istilah vektor menunjukkan kuantitas yang mempunyai arah. Dalam kasus ini, jumlah gaya tertentu divektorkan dengan arah vertikal.

Dalam mekanika, vektor gaya sering digambarkan dengan panah. Ujung panah menunjukkan arah gaya yang bekerja, panjang panah dibuat skalanya untuk menggambarkan jumlah gaya yang diterapkan. Dalam contoh weight-lifting, salah satu atlet mengangkat secara vertikal dan atlet lainnya menariknya horisontal, hasilnya adalah lifter menarik barbel sebagian ke atas dan sebagian ke samping. Tergantung pada jumlah gaya yang diberikan oleh tiap atlet, maka barbel bergerak (atau vektor) ke arah apa yang disebut dengan resultan vektor gaya (*resultant force vector*). Resultan vektor dalam situasi ini sama dengan dua buah gaya yang secara simultan menarik barbel dengan arah yang berbeda.

A. Gerak Atlet

Seorang atlet dapat bergerak dengan tiga cara yang berbeda. Geraknya bisa linier (yaitu dalam garis lurus), anguler (dalam bentuk rotasi), atau gabungan gerak linier dan anguler yang disebut gerak kombinasi (*general motion*). Dalam olahraga, kombinasi kedua gerak ini yang paling sering terjadi, dan gerak anguler yang paling dominan. Hal ini karena kebanyakan gerak atlet berasal dari ayunan, aksi putaran anggota tubuh ketika berputar melalui sendinya.

1. Gerak Linier (Linear Motion)

Gerak linier disebut juga translasi, menggambarkan situasi dimana seluruh bagian benda bergerak dengan jarak, arah, dan waktu yang sama. Seperti yang dapat kita bayangkan, hal ini sukar terjadi pada atlet, karena beberapa bagian anggota tubuh dapat bergerak ketika bagian tubuh lainnya tidak bergerak. Tetapi contohnya ada, seorang atlet sepatu roda berada pada posisi diam ketika rodanya meluncur dalam garis lurus adalah gerak translasi.

2. Gerak Anguler (Angular Motion)

Gerak rotasi, spin, salto, dan twist, merupakan nama lain untuk gerak anguler. Seluruh istilah tersebut menunjukkan bahwa sebuah benda atau seorang atlet sedang berputar beberapa derajat. Dalam olahraga seperti senam, loncat indah, atlet sering melakukan setengah putaran (180 derajat), putaran penuh (revolution) 360 derajat.

Untuk menciptakan gerak anguler, maka gerakan harus terjadi di sekitar poros. Tubuh atlet mempunyai banyak persendian dan seluruhnya bekerja sebagai poros. Gerak rotasi yang paling sering terlihat adalah di sekitar sendi bahu, lengan bawah sekitar sendi sikut, dan tangan sekitar sendi pergelangan tangan. Sendi panggul beraksi sebagai poros bagi tungkai, sendi lutut untuk tungkai bawah, dan sendi pergelangan kaki untuk kaki. Gerakan tergantung pada gerak rotasi dari tiap segmen (yaitu kaki, tulang kering, dan paha) anggota tubuh atlet ketika bergerak pada sendinya.

3. Gerak Kombinasi (General Motion)

Jenis gerak ini dapat diamati pada lari sprint. Pada nomor lari 100 m, atlet berlari dari start sampai finish secepat mungkin. Meskipun atlet mengetahui bahwa jarak terpendek antara start dan finish adalah garis lurus dan harus ditempuh dengan gerak linier, maka sangatlah tidak mungkin untuk berlari dengan menggunakan gerak linier. Jika kita amati pelari sprint, maka akan terlihat naik turunnya posisi tubuh atlet dari satu langkah ke langkah lainnya. Beberapa gerakannya adalah linier, tetapi sebagian besar adalah anguler. Secara keseluruhan, gerak sprint atlet termasuk gerak kombinasi.

B. Gerak Projektil (Projectile)

Dalam berbagai cabang olahraga, seringkali atlet dan alat-alat yang digunakannya diproyeksikan (bergerak melayang di udara), yang selanjutnya disebut sebagai projektil. Projektil bisa berupa bola golf, bola basket, lemping, atau pelompat dan pesenam. Cabang-cabang olahraga ini menuntut atlet untuk memanipulasi, mengontrol, atau menilai lintasan melayang yang terjadi. Contoh, pelompat tinggi bertujuan untuk memperoleh ketinggian, jarak, dan rotasi, sehingga dapat berhasil melompat melewati atas mistar. Pemanah menempatkan busur dan anak panah serta menarik tali busur dengan jarak yang sesuai,

sehingga anak panahnya bisa tepat mengenai sasaran. Penjaga gawang dalam sepakbola harus memperkirakan kecepatan dan jalur melayangnya bola, agar tidak kemasukan gol. Dalam berbagai cabang olahraga tersebut, beberapa faktor mempengaruhi sifat-sifat jalur melayangnya : *sudut, kecepatan, dan ketinggian saat lepas.*

Apabila sekitar kita tidak ada gravitasi dan tahanan udara, kemudian seorang melemparkan bola baseball dengan sudut 35 derajat di atas bidang horisontal. Tanpa gaya gravitasi dan tahanan udara, maka bola akan melayang tidak menentu.

Dalam kenyataannya, kita ketahui bahwa gravitasi menarik bola ke arah bumi. Tanpa mempertimbangkan efek disebabkan spin, maka tahanan udara akan menghambat gerak bola ke depan pada saat naik ke udara dan turun ke bawah. Gravitasi dan tahanan udara mengubah lintasan bola dari garis lurus dengan 35 derajat, menjadi lintasan melengkung sampai ketinggian tertentu dan kemudian melengkung turun ke permukaan bumi.

Karena bola secara konstan ditarik ke arah bumi, maka gravitasi menahan naiknya bola (yaitu komponen vertikalnya) sehingga setelah waktu tertentu bola tidak lagi naik dan mulai jatuh ke bumi. Jarak horisontal yang ditempuh bola selama melayang ditentukan oleh kombinasi tiga faktor, yaitu : sudut saat lepas, kecepatan bola saat lepas, dan ketinggian bola saat dilepaskan.

Dalam lompat jauh, karena pelompat melakukan take off dari atas tanah dan ingin melayang sejauh mungkin, maka orang beranggapan bahwa sudutnya harus 45 derajat ! Tetapi kenyataannya tidak demikian. Pelompat jauh sebenarnya melakukan take off dengan sudut antara 20 sampai 22 derajat. Kedua tipe pelompat akan dipaksa untuk menghentikan kecepatan larinya saat mendekati take off dengan sudut 45 derajat. Tidak ada pelompat jauh yang menginginkan hal ini, karena penurunan kecepatan lari awalan secara drastis akan menurunkan jarak melayang dan jarak lompatan. Dengan demikian para pelompat mengatur kecepatan dan sudut take offnya. Kecepatan merupakan faktor yang sangat penting. Hasilnya adalah sudut take offnya diturunkan dari 45 derajat menjadi 20 sampai 22 derajat !

C. Inersia, Gaya Sentripetal, dan Gaya Sentrifugal

1. Gaya Sentrifugal dan Sentripetal

Benda yang mengalami gerak rotasi pada porosnya juga tunduk terhadap gaya linier. Bila suatu benda diikat dengan tali dan diputar kemudian dilepaskan, maka benda itu akan lepas dari jalur lingkarannya dan membentuk singgungan (tangen) dengan jalur lingkarannya pada titik dimana benda itu lepas. Gaya sentripetal (centripetal force) mencegah benda yang berputar untuk meninggalkan jalur lingkarannya, yaitu bila rotasi terjadi pada poros diam, dan arah gayanya selalu mengarah ke pusat rotasi. Sehingga gaya ini disebut juga *center-seeking force*. Gaya ini menciptakan komponen percepatan radial suatu benda yang berputar dengan jalur lengkung.

Menurut hukum Newton III, terdapat gaya yang besarnya sama dan berlawanan arah yang diciptakan sebagai reaksi dari gaya sentripetal. Gaya reaksi ini disebut juga gaya sentrifugal (*sentrifugal force*). Karena gaya ini hanya ada dalam bentuk gaya reaksi, maka kedua gaya ini selalu bekerja pada benda yang berbeda. Bila sebuah bola diikat dengan tali dan diayun melingkar, maka tali memberikan gaya sentripetal pada bola, yang menyebabkan bola tetap berada pada jalur lingkarannya, dan bola memberikan gaya sentrifugal pada tali yang menyebabkan tali menjadi tegang. Jika tali itu putus dan bola akan lepas pada titik singgung jalur lingkarannya dimana kedua gaya berhenti bekerja.

Pengaruh kedua gaya ini pada aktivitas olahraga banyak sekali. Pada saat pemain tenis mengayunkan raketnya ke udara dengan jalur melingkar, maka tangan yang memegang raket memberikan gaya sentripetal untuk mempertahankan raket yang memutar pada jalur lingkarannya, dan raket memberikan gaya sentrifugal terhadap tangan. Jika peralatan olahraga yang diayun lebih berat, seperti lontar martil, maka jumlahnya kedua gaya ini akan meningkat, sehingga atlet harus memiringkan tubuhnya menjauhi martil yaitu untuk menghindari tarikan yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal. Demikian pula, pesenam yang besar tubuhnya melakukan gerakan memutar pada palang tunggal memerlukan pegangan yang lebih kuat untuk melawan gaya sentrifugal dari putaran tubuh yang diberikan terhadap palang.

Kapan saja terjadi rotasi, maka selalu terjadi saling mempengaruhi antara inersia, gaya sentripetal, dan gaya sentrifugal. Rotasi merupakan suatu pertarungan antara inersia dengan gaya sentripetal. Inersia suatu benda ketika bergerak dinyatakan dengan keinginannya untuk tetap bergerak dengan garis lurus. Perubahan arah menjadi gerak melengkung memerlukan gaya sentripetal. Gaya ini harus menarik atau mendorong benda ke arah poros rotasi agar bendanya mengikuti jalur melengkung. Ketika seorang atlet mengayunkan bat baseball, maka atlet harus menerapkan gaya sentripetal ke arah dalam untuk memastikan bahwa bat mengikuti lengkung ayunan. Tarikan gaya sentripetal ke arah dalam pada bat menciptakan tarikan gaya sentripugal ke arah luar dimana bat menarik atlet. Ketiganya, inersia, gaya sentripetal, dan gaya sentrifugal akan muncul ketika atlet menciptakan rotasi. Atlet tidak dapat hanya memiliki salah satunya saja tanpa gaya yang lainnya !

2. Momen Inersia (Moment of Inertia atau Rotary Inertia)

Momen inersia ini dapat dianggap sebagai hambatan rotasi. Istilah ini menjelaskan kecenderungan seluruh benda atau atlet yang pada awalnya menghambat rotasi dan seterusnya ingin melanjutkan rotasi. Prinsip mekanika ini terjadi dalam setiap situasi dimana atlet melakukan rotasi, spin, atau twist, dan dalam setiap situasi dimana bat, golf club, dan alat lainnya diayunkan. Pendek kata, momen inersia selalu ada dalam seluruh situasi olahraga dimana terjadi gerak anguler.

Terdapat dua faktor penting yang menentukan seberapa besar inersia yang dimiliki benda yang berputar. Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Massa Benda

Semakin besar massa yang dimiliki sebuah benda, maka semakin besar tahanan yang menghambat gerak rotasinya. Selain itu pula, semakin besar massa, semakin besar pula keinginan benda untuk tetap berputar. Sebuah bat baseball lebih sulit untuk diayunkan dari pada bat yang ringan. Setelah pemukul memberikan efek putaran yang memadai agar bat bergerak, maka bat yang berat tetap ingin terus bergerak. Semakin berat bat, maka semakin kuat atlet untuk menggerakkan, mengontrol dan menghentikan bat.

b. Distribusi Massa

yaitu bagaimana distribusi massa terhadap porosnya. Apakah distribusi massa benda jauh dari poros rotasinya, ataukah lebih dekat ke poros rotasinya. Dua club golf A dan B, panjang dan bentuknya sama, dan pada timbangan menunjukkan berat yang sama. Club B, massanya lebih banyak terkumpul di sekitar ujung clubnya. Club B mempunyai momen inersia yang lebih besar dari pada club A, karena hampir seluruh massanya terdistribusi ke ujung clubnya. Bila Club B diayunkan, maka pada awalnya akan mengalami kesulitan, juga akan kesulitan untuk mengontrolnya selama diayunkan, dan mengalami kesulitan apabila akan menghentikan ayunannya.

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Berikut ini merupakan proyektil, kecuali . . .
 - a. Bola basket
 - b. Cakram
 - c. Penerjun payung
 - d. Pesawat terbang
2. Komponen proyektil yang dipengaruhi gravitasi adalah . . .

- a. Komponen vertikal
 - b. komponen horisontal
 - c. Komponen vertikal dan horisontal
 - d. Semuanya benar
3. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap lintasan proyektil, kecuali . . .
- a. Sudut saat lepas
 - b. Kecepatan saat lepas
 - c. Ketinggian saat lepas
 - d. Arah proyeksi
4. Dalam cabang olahraga dimana yang harus dicapai adalah perpindahan horisontal dan vertikal maksimum, maka yang paling utama adalah . . .
- a. Memaksimalkan kecepatan proyektil
 - b. Meningkatkan ketinggian proyektil
 - c. Menurunkan sudut proyektil
 - d. Semuanya benar
5. Besarnya sudut proyeksi untuk perpindahan horisontal maksimum adalah . . .
- a. 45 derajat
 - b. > 45 derajat
 - c. < 45 derajat
 - d. Tidak ada yang benar
6. Gaya yang disebabkan kontraksi otot sendiri disebut . . .
- a. Gaya internal
 - b. Gaya eksternal
 - c. Gaya otot
 - d. Benar semua
7. Sedangkan gaya yang disebabkan oleh kekuatan lawan disebut . . .

- a. Gaya internal
 - b. Gaya eksternal
 - c. Gaya otot
 - d. Benar semua
8. Jenis gerakan yang paling banyak dilakukan oleh manusia adalah . . .
- a. Gerak linier
 - b. Gerak anguler
 - c. Gerak Kombinasi
 - d. Gerak lurus beraturan
9. Gerak yang dilakukan oleh segmen-segmen tubuh adalah . . .
- a. Gerak linier
 - b. Gerak anguler
 - c. Gerak Kombinasi
 - d. Gerak lurus beraturan
10. Istilah untuk gerak rotasi adalah . . .
- a. Anguler
 - b. Linier
 - c. Lengkung
 - d. Kombinasi

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, M.J. (1995). *Biomechanics of Human Movement*. New York. WCB / McGraw-Hill.
- Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics
- Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.
- Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.
- Winter, D.A. (1979). *Biomechanics of Human Movement*. New York. John Wiley & Sons.

Bab 8 Momentum

A. Momentum Linier

Seorang atlet yang sedang bergerak merupakan sebuah contoh dari massa yang sedang bergerak. Karena massa tubuh atlet sedang bergerak, dapat kita katakan bahwa atlet mempunyai sejumlah besar momentum. Momentum menunjukkan kuantitas gerak yang terjadi. Berapa besar momentum yang dimiliki seorang atlet tergantung seberapa berat atlet dan seberapa cepat atlet bergerak. Peningkatan pada massa dan kecepatan atlet, atau keduanya, maka momentumnya meningkat.

Dalam istilah mekanika, momentum selalu berkaitan dengan kecepatan dan massa atlet atau benda yang sedang bergerak. Atlet yang bermassa besar sedang melakukan sprint dengan kecepatan yang sama dengan atlet yang bermassa lebih kecil, maka memiliki momentum yang lebih besar. Begitu pula, seorang atlet yang mempunyai massa lebih kecil melakukan sprint dengan kecepatan sangat tinggi, mempunyai jumlah momentum yang lebih besar.

Momentum terjadi kapan saja seorang atlet atau sebuah benda bergerak, dan momentum ini memainkan peran yang sangat penting dalam cabang olahraga yang mengandung unsur kontak tubuh (contact sport), atau impact. Cara termudah untuk mengetahui momentum adalah mengamatinya sebagai senjata yang dapat digunakan atlet untuk menghasilkan efek terhadap benda lain atau lawannya.

Kita dapat mengamati bahwa jika kecepatan atau massa sebuah benda atau atlet ditingkatkan, maka akan terjadi peningkatan momentum. Dalam berbagai cabang olahraga, cara terbaik bagi atlet untuk meningkatkan massa adalah dengan meningkatkan kualitas massa otot dan bukannya lemak. Massa otot tambahan kemudian memberikan kekuatan untuk membantu atlet bergerak lebih cepat.

Sangat penting untuk diingat bahwa tidak semua cabang olahraga memerlukan momentum yang maksimum. Berbagai keterampilan memerlukan momentum yang harus dikontrol. Misalnya, passing pendek dalam sepakbola memerlukan momentum dalam jumlah tertentu, sehingga bolanya dapat melayang dengan jarak yang tepat untuk sampai kepada sasaran.

B.Momentum Anguler (Angular Momentum)

Momentum anguler menunjukkan massa yang sedang berputar. Lebih tepatnya lagi, dua kata yang menjelaskan kuantitas gerak yang dimiliki oleh benda atau atlet yang sedang berputar. Dalam olahraga, seringkali penting bagi atlet untuk menciptakan sebanyak mungkin momentum anguler, apakah pada tubuhnya sendiri, lawan, atau bat. Dalam peristiwa lainnya, atlet harus menurunkan momentum anguler sampai batas minimal. Komponen-komponen yang dapat meningkatkan momentum anguler adalah : massa

(seberapa besar massa benda), seberapa jauh distribusi massa terhadap poros rotasi, dan seberapa cepat rotasinya (kecepatan anguler)

Selama melakukan batting, maka momentum anguler dapat ditingkatkan dengan tiga cara:

1. Meningkatkan massa bat. Atlet dapat memilih bat yang lebih berat diayun. Jika atlet berputar, maka atlet tiba-tiba harus menambah beratnya untuk meningkatkan momentum angulernya. Hal ini tidaklah mungkin !
2. Memindahkan massa dalam jumlah besar sejauh mungkin dari poros rotasi. Jika atlet tidak melakukan rotasi, maka atlet harus meluruskan tubuhnya. Jika atlet mengayunkan batnya, maka harus sepanjang mungkin dan dengan kebanyakan massanya terkumpul di ujung batnya.
3. Meningkatkan kecepatan anguler. Atlet dapat meningkatkan kecepatan putarannya. Pemukul dapat mengayunkan bat lebih cepat sehingga menghasilkan kecepatan anguler yang tinggi.

Penting untuk diperhatikan, bahwa kombinasi antara massa, distribusi massa, dan kecepatan anguler harus seimbang. Dalam keterampilan memukul dan menendang, peningkatan massa dalam jumlah besar yang ditempatkan jauh dari poros rotasi seperti long pass atau shooting dalam sepakbola, jika atlet tidak memiliki kekuatan untuk mengayunkan tungkainya, maka massa tambahannya tidak ada gunanya. Apa yang dibutuhkan adalah jumlah massa yang sesuai dikombinasikan dengan panjang tungkai dan kecepatan anguler tinggi.

C. Kekekalan Momentum Anguler

Kekekalan momentum anguler akan terjadi, yaitu bilamana gaya eksternal yang bekerja adalah hanya gaya gravitasi. Untuk gerak anguler, maka hukum kekekalan momentum dapat dinyatakan sebagai berikut " *momentum anguler keseluruhan dari suatu sistem tetap konstan, bila tidak ada pengaruh gaya luar*" Hukum kekekalan momentum anguler sangat berguna terutama dalam analisis mekanika untuk cabang olahraga loncat indah, dan senam dimana tubuh mengalami putaran terkontrol pada saat berada di udara. Dalam melakukan satu setengah salto ke depan, seorang peloncat indah meninggalkan papan dengan jumlah momentum anguler tertentu. Menurut hukum ini, jumlah momentum anguler pada saat take off tetap konstan. Karena peloncat mengubah posisinya dari posisi badan lurus menjadi telungkup, maka jari-jarinya rotasinya mengecil, dengan demikian menurunkan momen inersia tubuh di sekitar sumbu transverse. Karena momentum anguler tetap konstan, maka peningkatan dalam kecepatan anguler harus disertai dengan penurunan dalam momen inersianya. Karena massa tubuh manusia tidak berubah selama gerakan tertentu, maka perubahan dalam kecepatan anguler bila tidak ada pengaruh dari

gaya luar harus dialihkan untuk perubahan konfigurasi segmen tubuh yang mengakibatkan perubahan dalam momen inersia. Pesenam pemula yang melakukan handspring dengan momentum anguler yang tidak mencukupi, maka pesenam tersebut harus mempertahankan posisi telungkupnya sampai mendarat, yaitu untuk memperoleh perpindahan anguler yang cukup agar tidak mendarat dengan belakang tubuhnya. Contoh lainnya adalah terjadi ketika atlet yang sedang melayang di udara mempunyai momentum anguler tubuhnya nol, seperti pada saat spike bola voli. Pada saat melakukan spike, menggerakkan lengan pemukul dengan kecepatan anguler yang tinggi dengan sejumlah besar momentum anguler, maka terjadi putaran tubuh bagian bawah yang menghasilkan sejumlah momentum anguler yang besarnya sama dengan arah berlawanan. Karena momen inersia dari kedua tungkai (poros panggul) lebih besar dari momen inersia lengan pemukul (poros bahu), maka kecepatan anguler kedua tungkai yang diciptakan ditujukan untuk mengimbangi momentum anguler dari ayunan lengan yang lebih kecil dari kecepatan anguler lengan pemukul.

D. Impuls (Impulse)

Kekuatan otot harus diciptakan ketika atlet ingin bergerak atau mempercepat sebuah benda dan memberikannya momentum. Gaya yang diberikan atlet selalu memerlukan waktu. Ketika atlet memberikan sejumlah gaya terhadap sebuah benda selama waktu tertentu, maka dapat kita katakan bahwa atlet telah memberikan impuls terhadap benda tersebut. Tentu saja atlet tersebut dapat juga memberikan impuls kepada tubuhnya sendiri, atau atlet lain.

Seberapa besar gaya dan waktu dikombinasikan ditentukan oleh kemampuan fisik atlet. Seorang atlet yang kuat dan fleksibel dapat menerapkan banyak gaya dalam waktu yang lebih lama, dari pada atlet yang lemah dan kurang fleksibel. Begitu pula sama pentingnya, kombinasi gaya dan waktu tergantung pada kebutuhan keterampilan yang ditampilkan. Beberapa keterampilan memerlukan gaya yang besar untuk diberikan dalam waktu yang singkat. Sedangkan keterampilan lainnya memerlukan hanya sedikit gaya dengan selang waktu yang lama. Contoh dalam lempar lembing, kekuatan yang besar dan fleksibilitas yang baik diperlukan oleh atlet lempar lembing. Pelempar lembing mempercepat lembing dengan menariknya dari belakang tubuh dan melepaskannya jauh di depan tubuhnya. Lengan yang panjang sangat berguna ketika berada pada posisi miring ke belakang, yaitu pada saat berada pada posisi melempar. Dengan posisi ini, maka atlet menerapkan gaya dengan jarak awalan yang sangat panjang (dan selang waktu yang lama) terhadap lembing. Hasilnya adalah bahwa impuls yang diberikan terhadap lembing lebih besar dan lembing akan bergerak dengan kecepatan tinggi ketika dilepaskan dari tangan.

E. Usaha (Work)

Dalam kehidupan sehari-hari istilah usaha selalu diartikan dengan jenis aktivitas yang tidak menyenangkan seperti bermain. Dalam mekanika, bila usaha dilakukan berarti bahwa sebuah gaya telah diberikan untuk melawan tahanan dalam jarak tertentu. Dengan kata lain, usaha dalam istilah mekanika = gaya X jarak. Karena jarak dilibatkan, maka sesuatu yang terjadi dapat terlihat dan sebuah benda atau seorang atlet bergerak dari suatu tempat ke tempat lainnya. Dalam latihan beban, mengangkat dumbbell merupakan contoh yang baik tentang usaha. Atlet memberikan gaya pada dumbbell, akibatnya dumbbell akan bergerak ke atas pada jarak tertentu. Sebaliknya, jika dumbbell itu disimpan pada suatu tempat dengan ketinggian dada, kemudian atlet mendorong atau menariknya dengan kontraksi statis selama 10 detik, maka tidak ada usaha mekanis yang dilakukan, karena dumbbell tidak bergerak. Tidak jadi persoalan seberapa besar atlet telah mengkontraksikan ototnya. Jika tidak ada yang bergerak, apakah itu lemping, bola hoki, atau dumbbell, maka tidak ada usaha mekanis yang dilakukan.

F. Daya (Power)

Daya menunjukkan sejumlah besar usaha mekanis yang dilakukan selama selang waktu tertentu. Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan istilah tenaga kuda (horse power) sebagai ukuran untuk kekuatan mesin seperti yang digunakan dalam balap mobil. Satu tenaga kuda berarti kemampuan sebuah mesin (atau manusia) untuk menggerakkan beban 550 lb (pound) sejauh 1 ft selama 1 detik. Bagaimanakah daya digunakan dalam pertandingan olahraga? Seperti pada weight lifting (angkat besi), dua atlet mengangkat barbel dengan berat yang sama. Salah satu atlet memerlukan waktu 2 detik untuk mengangkat barbel ke atas kepala, dan atlet lain memerlukan waktu 1 detik. Keduanya mengangkat barbel dengan jarak yang sama. Dalam contoh ini, atlet terakhir lebih kuat. Mengapa? kedua atlet mengangkat beban yang sama dengan jarak yang sama dan menampilkan usaha mekanis dalam jumlah yang sama. Tetapi atlet kedua mengangkat barbel lebih cepat, sehingga lebih kuat.

Dalam berbagai cabang olahraga, daya sangat penting karena aplikasi gaya yang lambat tidak akan memberikan hasil yang memuaskan. Hal ini terutama terjadi pada nomor lempar dan lompat, angkat besi Olimpiade (yaitu snatch, clean dan jerk), dan senam dimana keterampilan seperti salto ke depan dan belakang harus ditampilkan dengan cepat. Penampilan yang berhasil dalam cabang olahraga ini menuntut penerapan kekuatan yang besar dalam waktu yang sangat cepat.

G. Energi (Energy)

Energi adalah kapasitas atlet atau benda untuk melakukan usaha. Dalam istilah mekanika, energi mempunyai tiga bentuk :

1. Energi Kinetik (Kinetic Energy)

Energi kinetik adalah kapasitas sebuah benda (atau seorang atlet) untuk melakukan usaha karena geraknya. Semakin besar massa yang dimilikinya, atau semakin cepat bergerak, maka semakin besar kapasitasnya untuk melakukan usaha. Benda apa saja yang sedang bergerak mempunyai momentum dan energi kinetik.

2. Energi Potensial (Potential Energy)

Energi ini merupakan energi yang disimpan (stored energy), yaitu energi yang tersedia dan siap digunakan. Seorang atlet mempunyai energi potensial ketika berada pada ketinggian (yaitu di atas permukaan bumi). Semakin berat atlet dan semakin tinggi posisinya di atas permukaan bumi, maka semakin besar energi potensialnya.

3. Energi Regang (Strain Energy)

Benda mempunyai energi ini jika benda tersebut mempunyai kemampuan untuk kembali ke bentuk semula setelah ditarik, ditekan, diputar, atau didorong ke luar dari bentuk semula. Usaha harus dilakukan untuk menempatkan benda pada kondisi ini, dan setelah berubah bentuk, kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula, berarti benda juga dapat melakukan usaha. Kemampuan elastik dari otot-otot yang diregang pada saat atlet lari, lompat, dan melempar juga merupakan contoh penggunaan energi ini.

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Besarnya perubahan momentum sebuah benda berbanding lurus dan searah dengan gaya yang menyebabkannya, adalah bunyi hukum . . .

- a. Newton I
- b. Newton II
- c. Newton III
- d. Semuanya benar

2. Momentum linier merupakan produk dari massa dengan . . .
 - a. Percepatan
 - b. Kecepatan
 - c. Impuls
 - d. Gaya
3. Momentum adalah . . .
 - a. Jumlah gerak
 - b. Jumlah gaya
 - c. Jumlah inersia
 - d. Benar semua
4. Momentum yang dihasilkan oleh gerak rotasi disebut momentum . . .
 - a. Anguler
 - b. Linier
 - c. Curvalinier
 - d. Gaya
5. Impuls tidak hanya ditentukan oleh besarnya gaya, tetapi juga oleh . . .
 - a. Waktu
 - b. Kecepatan
 - c. Percepatan
 - d. Gay
6. Gaya yang diberikan untuk melawan tahanan dalam jarak tertentu disebut . . .
 - a. Usaha
 - b. Energi
 - c. Daya
 - d. Gaya
7. Kapasitas atlet untuk melakukan usaha disebut . . .

a. Usaha

b. Energi

c. Daya

d. Gaya

8. Energi yang dimiliki benda karena geraknya disebut energi . . .

a. Kinetik

b. Potensial

c. Strain energy

d. Mekanik

9. Energi yang tersedia dan siap digunakan adalah energi . . .

a. Kinetik

b. Potensial

c. Strain energy

d. Mekanik

10. Energi yang dimiliki otot karena elastisitasnya untuk kembali ke bentuk semula disebut . . .

a. Kinetik

b. Potensial

c. Strain energy

d. Mekanik

DAFTAR PUSTAKA

Adrian, M.J. (1995). *Biomechanics of Human Movement*. New York. WCB / McGraw-Hill.

Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics

Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.

Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.

Bab 9 Tuas (Lever)

Penggunaan tuas terjadi dalam seluruh cabang olahraga. Untuk memahami bagaimana sistem tuas ini bekerja pada tubuh manusia dan melihat bagian apa yang berguna dalam olahraga, kita lihat dahulu komponen-komponen sistem tuas.

Sebuah tuas merupakan sebuah mesin sederhana yang memindahkan dan mengubah energi mekanik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tuas selalu mengkombinasikan sebuah benda kaku yang berputar pada sebuah poros dan menciptakan gerak anguler. Otot-otot, tulang-tulang, dan persendian atlet saling bekerja sama sebagai tuas. Sebuah poros dalam tuas pada tubuh manusia adalah sendi. Dalam sistem tuas, gaya diterapkan pada salah satu tempat pada tuas dan tahanan memberikan gayanya pada tempat lainnya. Aksi dari pada gaya membantu tuas untuk berputar pada salah satu arah. Gaya yang diciptakan oleh tahanan mencoba untuk memutar tuas dengan arah berlawanan. Gaya dan tahanan saling berlawanan.

Pada tubuh atlet, gaya diciptakan oleh kontraksi otot. Berat anggota tubuh atlet ditambah dengan beban apa saja yang dibawa atlet akan menciptakan tahanan. Jarak tegak lurus dari mana gaya diterapkan terhadap poros dinamakan lengan gaya (*force arm*). Begitu pula, jarak tegak lurus dari mana tahanan memberikan gayanya terhadap poros dinamakan lengan beban (*resistance arm*).

A. Jenis-jenis Tuas

Tuas dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu tuas kelas satu, kelas dua, dan kelas tiga. Klasifikasi ini didasarkan pada cara gaya, beban, dan poros ditempatkan pada tuas. Dalam tubuh atlet, kita amati bahwa tuas kelas tiga yang paling banyak. Sekalipun demikian, dalam penampilan keterampilan cabang olahraga, ditemukan bahwa ketiga tuas ini digunakan.

1. Tuas Kelas Satu

Pada tuas kelas satu, poros terletak antara gaya dan beban. Lengan gaya dan lengan beban dapat sama sama panjang atau tidak sama panjang. Jika lengan gaya lebih panjang dari lengan beban, maka tuasnya tuas gaya. Jika lengan gaya lebih pendek dari lengan beban, maka tuasnya tuas kecepatan. Apa yang hilang dari gaya, maka akan menciptakan kecepatan dan jarak, dan sebaliknya. Contoh tuas kelas satu : triceps extension, leg press

2. Tuas Kelas Dua

Tuas kelas dua ditandai dengan letak gaya dan beban berada pada samping poros yang sama, dengan lengan gaya selalu lebih panjang dari lengan beban. Gaya yang diterapkan bekerja pada salah satu arah dan tahanan pada arah yang berlawanan. Tuas kelas dua adalah tuas yang menghasilkan gaya. Semakin besar lengan gaya, maka semakin besar

kekuatan yang dihasilkan. Ini berarti bahwa seorang atlet yang menggunakan tuas kelas dua menerapkan sedikit gaya dengan jarak yang besar untuk memindahkan beban yang lebih berat. Contoh tuas kelas dua: calf rise, rowing

3. Tuas Kelas Tiga

Pada tuas kelas tiga, porosnya berada pada salah satu ujung sisi tuas dan bebannya berada pada ujung sisi lainnya. Gaya yang diterapkan beraksi antara poros dan beban. Seperti tuas kelas dua, gaya dan beban menarik dan mendorong dalam arah yang berlawanan. Tuas kelas tiga selalu menggerakkan beban dengan ruang gerak yang lebih besar. Sebaliknya, gaya yang diterapkan selalu lebih besar dari pada bebannya. Contoh tuas kelas tiga: bicep curl

Pilihan Berganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang menurut anggapan anda paling benar dari pilihan jawaban yang ada

1. Komponen tuas adalah . . .
 - a. Gaya
 - b. Poros
 - c. Beban
 - d. Benar semua
2. Gaya dalam tuas pada tubuh manusia berasal dari . . .
 - a. otot-otot
 - b. Tulang
 - c. Persendian
 - d. Semuanya benar
3. Porosnya adalah . . .
 - a. otot-otot
 - b. Tulang
 - c. Persendian
 - d. Semuanya benar
4. Alat-alat yang menggunakan prinsip tuas adalah . . .

- a. Pembuka kaleng
 - b. Pemecah kacang
 - c. Gunting
 - d. Benar semua
5. Jarak tegak lurus dari mana gaya itu diterapkan terhadap porosnya . . .
- a. Lengan gaya
 - b. Lengan beban
 - c. Puntiran
 - d. Benar semua
6. Jarak tegak lurus dari mana tahanan itu diberikan terhadap porosnya . . .
- a. Lengan gaya
 - b. Lengan beban
 - c. Puntiran
 - d. Benar semua
7. Berhasil tidaknya atlet dalam mengatasi beban ditentukan oleh . . .
- a. Besarnya gaya yang digunakan
 - b. Besarnya lengan gay
 - c. Besarnya ruang gerak
 - d. Benar semua
8. Poros berada antara gaya dan beban, adalah tuas kelas . . .
- a. I
 - b. II
 - c. III
 - d. IV
9. Beban berada diantara gaya dan poros, adalah tuas kelas . . .
- a. I

b. II

c. III

d. IV

10. Tuas yang paling banyak pada tubuh manusia adalah tuas kelas. . .

a. I

b. II

c. III

d. IV

DAFTAR PUSTAKA

Adrian, M.J. (1995). *Biomechanics of Human Movement*. New York. WCB / McGraw-Hill.

Carr, G. (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia – America. Human Kinetics

Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.

Hall, S.J. (1995). *Basic Biomechanics*. New York. The McGraw-Hill Companies Inc.

Winter, D.A. (1979). *Biomechanics of Human Movement*. New York. John Wiley & Sons.

BIOMEKANIKA OLAHRAGA

**Bahan Ajar pada Diklat PLPG
Program Sertifikasi Guru Penjas
Rayon X – Prov. Jawa Barat**

Oleh:

Drs. Boyke Mulyana, M.Pd

Drs. Yadi Sunaryadi, M.Pd

BIOMEKANIKA OLAHRAGA

Tujuan: Setelah mengikuti perkuliahan mata kuliah ini mahasiswa Diharapkan;

- 1. Memahami dan menguasai konsep gerakan tubuh atas prinsip-prinsip mekanika**
- 2. Dapat menganalisis, menemukan kesalahan-kesalahan gerak, dan cara memperbaiki kesalahan**
- 3. Membiasakan diri untuk melakukan kegiatan secara efisien**

Pra syarat: mahasiswa sudah menempuh dan lulus mata kuliah;

- 1. Anatomy (deskriptif) dan fungsional**
- 2. Fisiologi dasar**

BIOMEKANIKA OLAHRAGA

Definisi: Pengetahuan yang menerapkan hukum-hukum mekanika terhadap struktur hidup, khususnya system lokomotor dari tubuh.

Lokomotion: Perubahan tempat yang disebabkan oleh tenaga/gaya dirinya sendiri dan kadang-kadang dibantu oleh gaya beratnya.

Kategori Gerak: Stabilisasi (interaksi dengan Joki), locomoti (hambatan air/udara), dan manipulasi (pelimpahan energy)

Proses Belajar \rightleftharpoons How and Why

How \rightleftharpoons Teknik (product)

1. Pengalaman =====> Tidak mengenal sebab akibat(tidak Relevan)



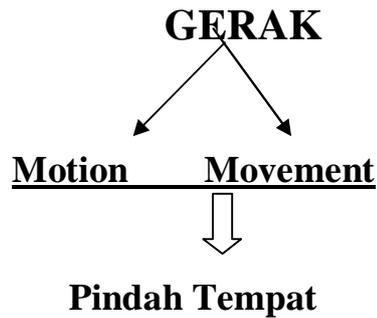
Ignorant (Fanatik)

Why

2. Pendekatan Iptek =====> Konsep, teori, prinsip (proses)



Kritik ===> Toleran===> mengetahui hubungan sebab akibat)=====> Kreatif



GERAK =====> Relatif (nisbi) >< Absolut (mutlak)

↓
Sudut pandang berbeda

↓
Satu sudut pandang

Gerak dan Diam harus dilihat dari bumi

Hk. Newton I: Benda akan selalu mempertahankan keadaannya. Kalau diam akan selalu diam, dan bergerak akan bergerak lurus beraturan

Misalnya: kertas dihimpit oleh benda (cepat dan lambatnya gerak tergantung gaya yang mempengaruhinya)

Efisiensi Gerakan=====> Usaha yang sekecil-kecilnya (relatif kecil) akan dicapai hasil yang sebesar-besarnya (relatif besar).

Gerak dengan kecepatan sedang (medium/kecepatan yang tetap)====> Lebih efisien.

Tes pengaruh kecepatan gerak terhadap kelelahan Mis: Push Up 30x

1. Latihan I : Push up 30x waktu 23 dtk (cpt sekali) DN. 110x/menit
2. Latihan II: Push up 30x waktu 30 dtk (medium) DN. 100x/menit
3. Latihan III: Push up 30x waktu 60 dtk (lambat sekali) DN. 105x/menit

Setelah selesai latihan DN terkecil adalah 100x/menit (Lat. II)

Efisiensi gerak; Aktivitas OR yang dilakukan dengan kecepatan sedang/optimum (relatif) akan dapat dikontrol dan dikuasai serta mencapai hasil yang lebih baik

MACAM-MACAM GERAK:

1. Gerak Lurus (gerak linear)
2. Gerak Putar (gerak rotasi/angular)
3. Gerak Translasi

Gerak Lurus/Linear ==> Gerak dengan lintasan lurus, gerak dengan kecepatan tetap (gerak lurus beraturan).

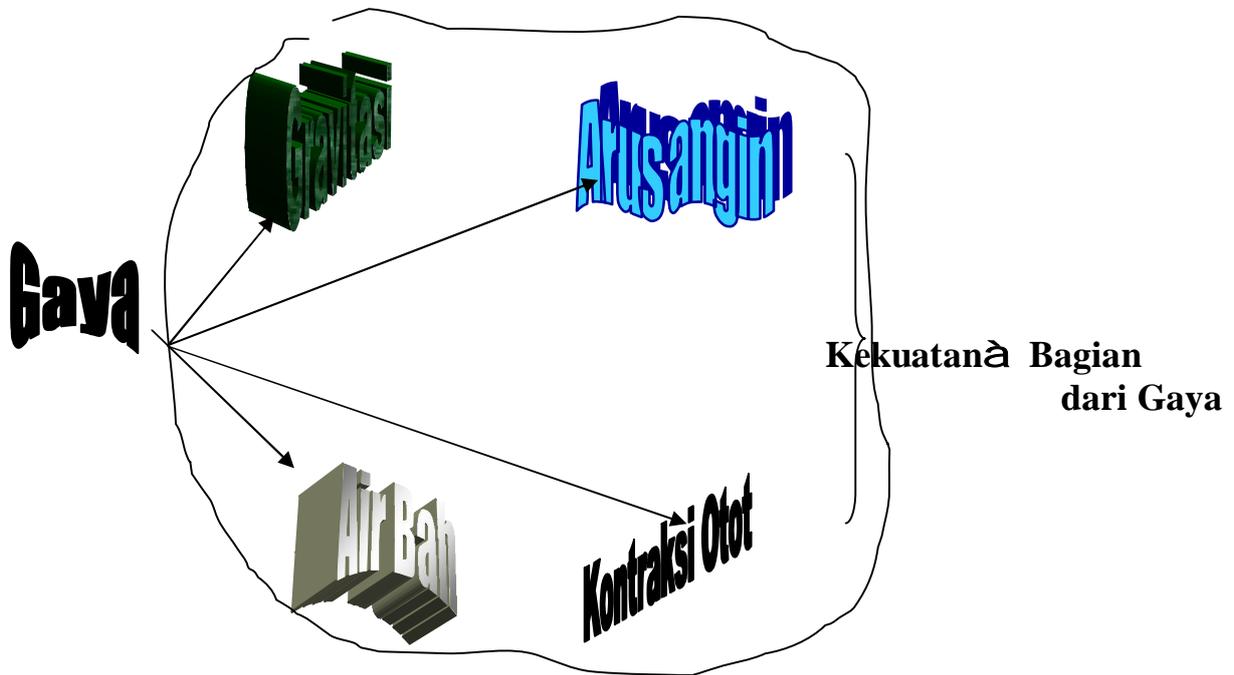
**Gerak Putar/Rotasi===> Gerak dari suatu benda yang berputar pada titik pusat/poros (axis/centre).
Arah, sumbu, dan waktu sama**

**Misalnya: * Gerak anggota badan manusia yang berputar pada persendian (gerak rotasi)
*Giant Swing pada OR senam
*Menendang bola
*Ayunan Pitcher dlm OR Softball**

Gerak Translasi===> Gerakan yang akan terjadi apabila seluruh bagian tubuh bergerak dalam jarak, arah, dan waktu yang sama.

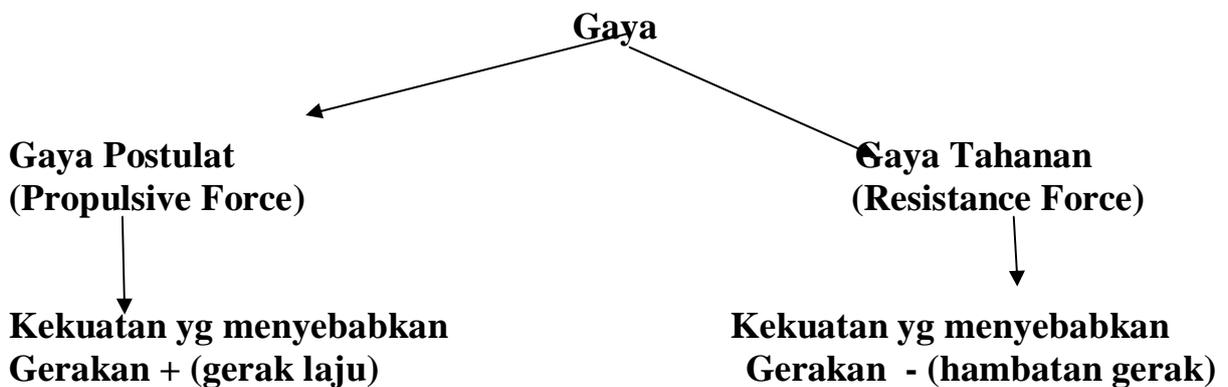
**Misalnya: *Terjun Payung (bebas) / Sendi bahu dan pangkal paha
*Ice Skating \ dalam satu garis lurus**

GAYA (Force)



Gaya = Force à Perubahan + Gerak

**“Sesuatu yang menyebabkan terjadinya perubahan keadaan
(diam à gerak dan gerak à diam)**



Tahanan → Gerak yang diperlambat : angin pasang, Kekuatan lawan yg menahan aksi, Beban yg dipikul, Gerak tubuh yg berlawanan dg aksi (recovery), Bola yg menggelinding di rumput, Gesekan (friction) → kontak dua permukaan.

Tahanan/Resistance: *Air Resistance* (udara) dan *Water Resistance* (air)

Air Resistance (udara): - Cakram yang dilempar
- Mobil yang maju dengan cepat

Besarnya *Air Resistance*: 1. Besarnya penampang/permukaan yang terkena (penampang tegak = d = density = BJ)
2. Besarnya kecepatan dari benda/arus udara (V)
3. Besarnya kepadatan/tekanan dari udara (P)
4. Bentuk benda dan sifat permukaan (licin, kasar) dari benda (C)

$$R = C \frac{P \times d \times V^2}{2}$$

Water Resistance (air): - Badan dan air

Besarnya *Water Resistance*: 1. Besarnya penampang badan (posisi badan)
2. Gerakan tungkai dan lengan (recovery)
3. Gelombang (memperlambat gerakan)
4. Edies (riak)
5. Gesekan kulit dan baju renang
6. Kecepatan gerak (V): makin besar V gerak, makin besar tahanan air yang diterimanya
V ditingkatkan 2x lipat maka tahanan menjadi 2^2 (4x lipat)

$$R = C \times V^2$$

C = Koefisien/Konstanta yg besarnya tergantung dari penampang,

gelombang, edies, dan gesekan kulit
 $V = \text{Kecepatan gerak}$
Gaya Sentripetal dan Gaya Sentripugal

Benda yang mengalami gerak rotasi pada porosnya juga tunduk terhadap gaya linier. Bila suatu benda diikat dengan tali dan diputar kemudian dilepaskan, maka benda itu akan lepas dari jalur lingkarannya dan membentuk singgungan (tangen) dengan jalur lingkarannya pada titik dimana benda itu lepas. **Gaya sentripetal (centripetal force) mencegah benda yang berputar untuk meninggalkan jalur lingkarannya, yaitu bila rotasi terjadi pada poros diam, dan arah gayanya selalu mengarah ke pusat rotasi.** Sehingga gaya ini disebut juga *center-seeking force*. Gaya ini menciptakan komponen percepatan radial suatu benda yang berputar dengan jalur lengkung.

Menurut hukum Newton III, terdapat gaya yang besarnya sama dan berlawanan arah yang diciptakan sebagai reaksi dari gaya sentripetal. Gaya reaksi ini disebut juga gaya sentrifugal (sentrifugal force). Karena gaya ini hanya ada dalam bentuk gaya reaksi, maka kedua gaya ini selalu bekerja pada benda yang berbeda. Bila sebuah bola diikat dengan tali dan diayun melingkar, maka tali memberikan gaya sentripetal pada bola, yang menyebabkan bola tetap berada pada jalur lingkarannya, dan bola memberikan gaya sentrifugal pada tali yang menyebabkan tali menjadi tegang. Jika tali itu putus dan bola akan lepas pada titik singgung jalur lingkarannya dimana kedua gaya berhenti bekerja.

Pengaruh kedua gaya ini pada aktivitas olahraga banyak sekali. Pada saat pemain tenis mengayunkan raketnya ke udara dengan jalur melingkar, maka tangan yang memegang raket memberikan gaya sentripetal untuk mempertahankan raket yang memutar pada jalur lingkarannya, dan raket memberikan gaya sentrifugal terhadap tangan. Jika peralatan olahraga yang diayun lebih berat, seperti lontar martil, maka jumlahnya kedua gaya ini akan meningkat, sehingga atlet harus memiringkan tubuhnya menjauhi martil yaitu untuk menghindari tarikan yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal. Demikian pula, pesenam yang besar tubuhnya melakukan gerakan memutar pada palang tunggal memerlukan pegangan yang lebih kuat untuk melawan gaya sentrifugal dari putaran tubuh yang diberikan terhadap palang.

Kapan saja terjadi rotasi, maka selalu terjadi saling mempengaruhi antara inersia, gaya sentripetal, dan gaya sentrifugal. Rotasi merupakan suatu pertarungan antara inersia dengan gaya sentripetal. Inersia suatu benda ketika bergerak dinyatakan dengan keinginannya untuk tetap bergerak dengan garis lurus. Perubahan arah menjadi gerak melengkung memerlukan gaya sentripetal. Gaya ini harus menarik atau mendorong benda ke arah poros rotasi agar bendanya mengikuti jalur melengkung. Ketika seorang atlet mengayunkan bat baseball, maka atlet harus menerapkan gaya sentripetal ke arah dalam untuk memastikan bahwa bat mengikuti lengkung ayunan. Tarikan gaya sentripetal ke arah dalam pada bat menciptakan tarikan gaya sentripugal ke arah luar dimana bat menarik atlet. Ketiganya, inersia, gaya sentripetal, dan gaya sentrifugal akan muncul ketika atlet menciptakan rotasi. Atlet tidak dapat hanya memiliki salah satunya saja tanpa gaya yang lainnya !

Gaya Sentrifugal + Gaya Sentripetal (Timbul pd gerak Rotasi/angular)/Kurvilinier

- Benda diikat pada suatu benang à putar-à putus-à Benda terlempar ke luar O dan bergerak lurus. Gaya yg bekerja pada benda yg mendorong benda, ke luar dari titik pusat à G. Sentrifugal, sedangkan tegangan benang yg menahan benda untuk ke luar O-à G. Sentripetal.
- Air dalam Gelas à berputar dlm dinding gelas dan menjauhi titik pusatnya. Makin cepat diaduk-à air naik ke bibir gelas-à keluar-à G. Sentrifugal, sedangkan dinding gelas yang menahan air-à G. Sentripetal (Kp)
- Pengendara Sepeda-à berputar dg V tinggi pada dinding tong setan Kecepatan berputar dari spd. Motor-è G. Sentrifugal (Gaya ini yg menyebabkan spd. Motor dpt melekat pd dinding yg tegak), sedangkan G. Sentripetalnya-à Dinding tong setan yg bergetar dan menahan agar spd. Motor tidak lepas ke luar.

G. Sentrifugal -à G. Tangensial. Besarnya ditentukan oleh:

- Masa benda (m)
- Kecepatan (V)
- Jari-jari dari lingkaran gerak (r)

$$K_f = \frac{B \cdot V^2}{g \cdot r} = B \times \frac{V^2}{g \cdot r}$$

$$G. \text{ Sentrifugal} = K_f = m \frac{v^2}{r}$$

Contoh soal

Kalau berat atlet 80 kg dan larinya dengan kecepatan 10m/dt. Berapa kecondongan badan pada tikungan jalan dengan jari-jari 30m? dan berapa kalau jari-jarinya 12m? Apa benar pada tikungan yang lebih tajam, kecondongan lebih besar? Buktikan!

Diketahui: Pada tikungan $r = 30m$

$$B = 80 \text{ kg}$$

$$V = 10m/dt$$

$$G = 10m/dt^2$$

$$K_f = \frac{B}{g} \times \frac{v^2}{r} = B \times \frac{v^2}{g \cdot r}$$

$$r = 12m$$

$$B = 80 \text{ kg}$$

$$V = 10m/dt$$

$$G = 10m/dt^2$$

Gerak dan Gaya

Hukum-hukum Gerak Newton

1. Hukum Inersia
2. Hukum Percepatan
3. Impuls dan Momentum
4. Momentum
5. Hukum Reaksi
6. Konservasi Momentum

Hukum-hukum Newton dan Persamaan Rotasi

- 1. Momen Inertia**
- 2. Momentum Angular**
- 3. Aksi dan Reaksi**
- 4. Pemindahan Momentum**
- 5. Gaya Sentripetal dan Gaya Sentrifugal**

Hukum Inertia: Objek/benda akan tetap dalam keadaan diam atau gerak jika tidak ada gaya lain yang bekerja padanya.

Hukum Percepatan: Percepatan suatu objek berbanding lurus dengan gaya penyebabnya, arahnya sama dengan arah gaya, dan berbanding terbalik dengan massa objek

Hukum reaksi: Setiap aksi akan menimbulkan reaksi yang sama besar dan berlawanan arah

Impuls: Hasil perkalian antara gaya dan waktu selama gaya itu Bekerja

Momentum: Hasil perkalian massa objek dan kecepatannya

Gaya Sentripetal: Arahnya menuju ke pusat putaran

Gaya Sentrifugal: Arahnya menjauhi pusat putaran

Besarnya gaya sentripetal dan gaya sentrifugal berbanding lurus dengan massa benda dan kwadrat kecepatan geraknya, namun berbanding terbalik dengan radius putarannya.

